

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-052278

(43)Date of publication of application : 26.02.1999

(51)Int.Cl.

G02B 26/10  
H04N 1/113

(21)Application number : 09-205707

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 31.07.1997

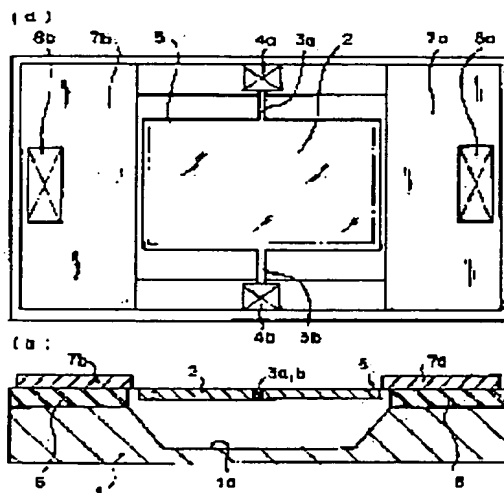
(72)Inventor : YAMADA KEIZO  
KURIYAMA TOSHIHIDE

## (54) OPTICAL SCANNER AND ITS DRIVING METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical scanner which may be driven with low voltage, has a large deflection angle and may be miniaturized.

SOLUTION: This optical scanner has a mirror 2 which is supported on a supporting substrate 1 by torsion bars 3a, 3b and is adapted oscillatable in a direction perpendicular to the plane direction of this supporting substrate 1 and stationary electrodes 7a, 7b which are supported at the supporting substrate 1 in both side positions of this mirror. The optical scanner impresses voltage between these stationary electrodes 7a, 7b and an electrode part 5 disposed on the mirror 2 and oscillates the mirror 2 by the electrostatic attraction force generated between both. The stationary electrodes 7a, 7b and the mirror 2 are formed to a plane shape to prevent the overlapping in the oscillation direction of the mirror 2. Since the crossinterference is prevented even by diminishing the spacings between the stationary electrodes 7a, 7b and the mirror electrode part 5, the small-sized optical scanner of the low voltage and large deflection angle is obtd.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.07.1997  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number] 3011144  
[Date of registration] 10.12.1999  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3011144号

(P3011144)

(45) 発行日 平成12年2月21日 (2000. 2. 21)

(24) 登録日 平成11年12月10日 (1999. 12. 10)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 26/10

1 0 4

G 0 2 B 26/10

1 0 4 Z

H 0 4 N 1/113

H 0 4 N 1/04

1 0 4 Z

請求項の数7 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-205707

(22) 出願日 平成9年7月31日 (1997. 7. 31)

(65) 公開番号 特開平11-52278

(43) 公開日 平成11年2月26日 (1999. 2. 26)

審査請求日 平成9年7月31日 (1997. 7. 31)

(73) 特許権者 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 山田 恵三

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気

株式会社内

(72) 発明者 栗山 敏秀

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気

株式会社内

(74) 代理人 100081433

弁理士 鈴木 章夫

審査官 瀬川 勝久

(56) 参考文献 特開 平4-211218 (J P, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光スキャナとその駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 支持基板にトーションバーで支持されて、前記支持基板の平面方向と垂直な方向に揺動可能とされたミラーと、前記トーションバーを挟むミラーの両側位置において前記支持基板に支持された固定電極とを備え、前記固定電極と前記ミラーに設けられた電極部との間に電圧を印加し、両者間に生じる静電引力によって前記ミラーを揺動させる構成の光スキャナにおいて、前記固定電極とミラーとは、前記ミラーの揺動方向には重ならない平面形状に形成され、前記ミラーの電極部は、少なくとも前記固定電極に対向する部分の厚みが、前記ミラーのその他の部分よりも厚く形成されていることを特徴とする光スキャナ。

【請求項2】 支持基板にトーションバーで支持されて、前記支持基板の平面方向と垂直な方向に揺動可能と

されたミラーと、前記トーションバーを挟むミラーの両側位置において前記支持基板に支持された固定電極とを備え、前記固定電極と前記ミラーに設けられた電極部との間に電圧を印加し、両者間に生じる静電引力によって前記ミラーを揺動させる構成の光スキャナにおいて、前記固定電極とミラーとは、前記ミラーの揺動方向には重ならない平面形状に形成され、前記固定電極の一方は、前記ミラーの電極部の初期位置よりも揺動方向に沿って高い平面位置に配置され、他方の固定電極は揺動方向に沿って低い平面位置に配置されていることを特徴とする光スキャナ。

【請求項3】 支持基板にトーションバーで支持されて、前記支持基板の平面方向と垂直な方向に揺動可能とされたミラーと、前記トーションバーを挟むミラーの両側位置において前記支持基板に支持された固定電極とを

備え、前記固定電極と前記ミラーに設けられた電極部との間に電圧を印加し、両者間に生じる静電引力によって前記ミラーを揺動させる構成の光スキャナにおいて、前記固定電極とミラーとは、前記ミラーの揺動方向には重ならない平面形状に形成され、前記固定電極はそれぞれ前記ミラーの揺動方向に沿って積層配置された一対の固定電極で構成され、これら各対の固定電極は前記ミラーの電極部の初期位置に対して上下に挟む高さ位置に配置されていることを特徴とする光スキャナ。

【請求項4】 前記ミラーの電極部と、これに対向配置される前記固定電極の側縁部の各平面形状をそれぞれ櫛歯状に形成した請求項1ないし3のいずれかに記載の光スキャナ。

【請求項5】 支持基板にY方向に延設された第1のトーションバーで支持されて、前記支持基板の平面方向と垂直な方向に揺動可能とされた中間支持部と、前記第1のトーションバーを挟む前記中間支持部の両側位置において前記支持基板に支持された第1の固定電極と、前記中間支持部にX方向に延設された第2のトーションバーで支持されて前記平面方向と垂直な方向に揺動可能とされたミラーと、前記第2のトーションバーを挟む前記ミラーの両側位置において前記中間支持部に支持された第2の固定電極とを備え、前記第1の固定電極と中間支持部に設けられた電極部との間、及び前記第2の固定電極と前記ミラーに設けられた電極部との間にそれぞれ電圧を印加し、それぞれの間に生じる静電引力によって前記中間支持部とミラーを揺動させるように構成され、かつ前記第1の固定電極と前記中間支持部及び前記第2の固定電極と前記ミラーとは、前記中間支持部及び前記ミラーの揺動方向には重ならない平面形状に形成されていることを特徴とする光スキャナ。

【請求項6】 請求項1ないし5に記載の光スキャナを駆動するための駆動方法であって、前記各固定電極と、その固定電極に対して揺動されるミラー若しくは中間支持部等の揺動部材に設けられた電極との間に電圧を印加して揺動を開始した後は、前記揺動部材が前記各固定電極に近づく揺動タイミングにおいて、前記固定電極と揺動部材の電極部との間にパルス状の電圧を印加することを特徴とする光スキャナの駆動方法。

【請求項7】 前記揺動部材に設けられた電極と前記固定電極間に交流電圧を印加し、これらの間に流れる電流値を測定し、この測定値に基づいて前記揺動部材の揺動タイミングを測定し、この測定結果に基づいて前記印加する電圧のタイミング、電圧値を制御する請求項6に記載の光スキャナの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光ビームを走査するための光スキャナに関し、特に振り子バネ（トーションバー）に支持された微小なミラーを揺動させて光ビーム

偏向を行う構成の光スキャナとその駆動方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年におけるレーザ光等の光ビームを走査する光スキャナは、バーコードリーダ、レーザプリンタ、ヘッドマウントディスプレイ等の光学機器、あるいは赤外線カメラ等入力デバイスの光取り入れ装置として用いられている。この種の光スキャナとして、シリコンマイクロマシニング技術を利用した微小ミラーを揺動させる構成のものが提案されている。例えば、図12は米国特許第4317611号明細書に開示されたシリコンマイクロミラーを有する光スキャナを示している。支持基板1に設けられた凹部1a内にシリコン薄板で形成されたミラー2が配置されており、このミラー2は一体的に設けられたトーションバー3a、3bを介して前記支持基板1に支持されている。したがって、前記ミラー2はトーションバー3a、3bの振り作用により、その両側部がミラーの平面に対して垂直方向に揺動可能とされる。また、トーションバー3a、3bは導電性部材で構成され、その両端は前記支持基板1に設けられたパッド4a、4bに電気接続されている。さらに、前記支持基板1の前記凹部1aの両側には絶縁体6によってそれぞれ固定電極7a、7bが支持されており、これらの固定電極7a、7bは前記ミラー2の両側部の領域上に、ミラー平面に対して所要の間隔、例えば10 $\mu$ mの間隔で対向配置されている。

【0003】 この光スキャナでは、例えば、一方の固定電極7aのパッド8aと、トーションバー3aが接続されたパッド4aとの間、すなわち固定電極7aとミラー2との間に500ボルト程度の高電圧を加えることにより、固定電極7aとミラー2との間に静電力を発生させ、その静電引力によってミラー2の一側部を固定電極7a側に吸引し、この吸引動作によってトーションバー3a、3bを振り変形させながらミラー2を図示反時計方向に揺動させる。また、この揺動動作の直後に固定電極7aへの電圧印加を解除すると、トーションバー3a、3bの振り復帰力によってミラー2は逆方向に揺動される。この動作は他方の固定電極7bに電圧を印加する場合でも同様である。したがって、この電圧印加と停止を繰り返すことにより、ミラー2を揺動させることができ、図外の光源からのレーザ光をこのミラー2で反射させることで、レーザ光を偏向させ、光走査が可能となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 この従来の光スキャナでは、ミラーの揺動角度は、図12に $\theta_1$ で示すように、ミラー2の両端部が固定電極7a、7bに衝突される角度位置に制限される。前記したよう、ミラー2と固定電極7a、7bとの対向間隔は10 $\mu$ m程度に設計されているため、ミラーの寸法にもよるが、通常では揺動角度 $\theta_1$ は最大でも1°程度となる。このため、レーザ

光が走査される際の偏向角度も、反射の法則から $2^{\circ}$ 程度となる。このような小さな偏向角度では、光スキャナを前記したようなバーコードリーダやレーザープリンタに適用する際に、要求される長さ領域での光走査を行うためには、レーザー光の光路長を長くとる必要が生じ、これら光学機器を小型化する上での障害となる。また、ミラーのサイズが一定のとき光走査によって得られる光ビームの分解能は偏向角度の大きさに比例するため、高分解能の光ビームを得るためには前記偏向角度を可及的に大きくすることが望ましい。

【0005】このため、従来では、ミラー2と固定電極7a、7bとの対向間隔を大きくすることでミラー2の揺動角度 $\theta_1$ を増大し、偏向角度を大きくすることが考えられているが、この対向間隔の増大に伴ってミラー2と固定電極7a、7bとの間に要求される静電引力を得るための電圧にさらに高い電圧が必要とされることになり、電源回路が大型化されるとともに、安全面の上での問題も生じる。

【0006】本発明の目的は、低電圧でかつ偏向角度の大きな光スキャナを提供することにある。また、本発明は小型化を可能にした光スキャナを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、支持基板にトーションバーで支持されて、前記支持基板の平面方向と垂直な方向に揺動可能とされたミラーと、前記トーションバーを挟むミラーの両側位置において前記支持基板に支持された固定電極とを備え、前記固定電極と前記ミラーに設けられた電極部との間に電圧を印加し、両者間に生じる静電引力によって前記ミラーを揺動させる構成の光スキャナにおいて、前記固定電極とミラーとは、前記ミラーの揺動方向には重ならない平面形状に形成する。その上で、前記固定電極の一方は、前記ミラーの電極部の初期位置よりも揺動方向に沿って高い平面位置に配置され、他方の固定電極は揺動方向に沿って低い平面位置に配置する。あるいは、前記固定電極はそれぞれ前記ミラーの揺動方向に沿って積層配置された一対の固定電極で構成され、これら各対の固定電極は前記ミラーの電極部の初期位置に対して上下に挟む高さ位置に配置する。また、前記ミラーの電極部は、少なくとも前記固定電極に対向する部分の厚みが、前記ミラーのその他の部分よりも厚く形成する。この場合、前記ミラーの電極部と、これに対向配置される前記固定電極の側縁部の各平面形状をそれぞれ櫛歯状に形成することが好ましい。

【0008】また、本発明の光スキャナの駆動方法は、本発明にかかる光スキャナを駆動する際に、固定電極と、その固定電極に対して揺動されるミラー若しくは中間支持部等の揺動部材に設けられた電極との間に電圧を印加して揺動を開始した後は、前記揺動部材が前記各固定電極に近づく揺動タイミングにおいて、前記固定電極

と揺動部材の電極部との間にパルス状の電圧を印加することを特徴とする。この場合、前記揺動部材に設けられた電極と前記固定電極間に交流電圧を印加し、これらの間に流れる電流値を測定し、この測定値に基づいて前記揺動部材の揺動タイミングを測定し、この測定結果に基づいて前記印加する電圧のタイミング、電圧値を制御することが好ましい。

【0009】本発明では、ミラーの電極部と固定電極がミラーの揺動方向には重ならないため、電極部と固定電極とを微小間隔で配置しても両者が衝突されることがなく、ミラー電極部と固定電極部との間に低電圧を印加した場合でも、相対的に大きな静電引力を得ることができ、しかも大きな最大角度でのミラーの揺動が可能となる。

15 【0010】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。図1(a)、(b)は本発明の基本構成を説明するための参照例の平面図と縦断面図である。この光スキャナはシリコンマイクロマシニング技術を用いて作製され全体サイズは数ミリ角に形成される。支持基板1は矩形の厚板で形成され、その中央部分には凹部1aが形成され、この凹部1a内にシリコン薄板で形成されたミラー2が内装支持されている。このミラー2には一体的に形成された2本のトーションバー3a、3bが両端方向に突出されており、これらトーションバー3a、3bの先端部は前記支持基板1に固定され、それぞれパッド4a、4bに接続されている。これにより、前記ミラー2は、トーションバー3a、3bの捩じりにより、ミラーの平面方向と垂直な方向に揺動することが可能とされている。前記トーションバー3a、3bの寸法は数 $\mu\text{m}$ から数mm程度の長さ、および厚みを持つ。また、前記ミラー2は数mm角の大きさを持ち、厚みは数 $\mu\text{m}$ から数百 $\mu\text{m}$ である。そして、前記ミラー2の少なくとも周辺領域あるいは表面には不純物イオンの打ち込みや拡散が行われ、あるいは、アルミニウムや銀あるいは導電性を有する有機薄膜などが被着されており、これらの領域が導電性を有する電極部5として構成されている。

【0011】一方、前記支持基板1は、前記凹部1aを挟む両側位置の表面上に、絶縁体6を介してそれぞれ固定電極7a、7bが配置されている。これらの固定電極7a、7bは半導体あるいは有機材料からなる導電性材料で形成されており、かつそれぞれの内側縁部は前記ミラー2の両側縁の電極部5に近接配置され、これら電極部5と前記各固定電極7a、7bとの間でコンデンサが形成されている。ここで、前記固定電極7a、7bは、前記ミラー電極部5の平面高さよりも若干高い位置の平面上に配置されており、かつ各固定電極7a、7bの内側縁部とミラー電極部5とは各平面上で相互に重ならない位置、換言すれば前記トーションバー3a、3bの捩

じりによってミラー2が揺動されたときに、ミラー電極部5が各固定電極7a、7bの内側縁部と衝突ないし干渉されることがないように構成されている。また、前記各固定電極7a、7bにはそれぞれパッド8a、8bが形成されている。

【0012】次に、以上の構成の光スキャナの駆動方法を図2及び図3を参照して説明する。図2において、

(A)は初期状態である。この状態から一方の固定電極7aのパッド8aと、前記トーションバー3a、3bのパッド4a、4bとの間に所定の電圧を印加すると、これらパッド4a、4bにつながるミラー電極部5に電圧が印加され、固定電極7aとミラー電極部5の表面お互いに逆の極性の電荷が蓄積してコンデンサが構成される。そして、固定電極7aとミラー電極部5との間に静電引力が働き、固定電極7aがミラー電極部5よりも若干高い平面位置に配置されているため、(B)のようにミラー2は図示の反時計方向に回転が開始される。前記ミラー2はこの回転動作によって慣性が生じるため、ミラー電極部5と固定電極7aが最小距離の位置になったときに前記電圧印加を停止しても、ミラー2はミラー電極部5が固定電極7aの位置を超えて回転し、(C)のように最大回転位置にまで回転される。そして、前記慣性力が低下されてトーションバー3a、3bの振じり力よりも低下されると、(D)のようにミラー2はトーションバー3a、3bの反力により時計方向に回転が開始される。このとき、固定電極7aとミラー電極部5との間に再度電圧を印加すると、ミラー電極部5と固定電極7aとの間の静電引力によって前記した時計方向の回転動作を加速することができる。

【0013】そして、図3において、(E)のように、ミラー2が元の位置にまで回転復帰された後は、今度は反対側の固定電極7bとトーションバー、すなわちミラー電極部5との間に電圧を印加することにより、今度は(F)、(G)、(H)のように、固定電極7bとミラー2との間で図2(A)ないし(D)と回転方向は逆であるが同様な動作が行われる。なお、この間、固定電極7aには電圧を印加しない。また、(H)のときに、固定電極7bとミラー電極部5との間に再度電圧を印加することで、ミラーの反時計方向の回転動作を加速することが可能となる。したがって、図2及び図3の動作を繰り返して行うことにより、ミラー2は反時計方向及び時計方向のそれぞれの最大回転位置にまで回転する動作を繰り返す揺動動作が行われることになる。

【0014】なお、図4は前記したミラーの揺動を連続的に行うためのミラー揺動位置と時間との関係、およびこれに対応した固定電極7a、7bのそれぞれに対する印加電圧のタイミングを示す図である。なお、同図においてAからHは図2及び図3の(A)～(H)に対応している。このように、ミラーの揺動位置の変化に同期させて固定電極7a、7bに対する印加電圧のタイミング

を制御することで、図2及び図3に示したミラーの揺動動作を連続して行うことが可能となる。なお、この場合、ミラー電極部5が固定電極7aや7bに最も接近された位置を通過したのちも電圧を印加し続けるとミラー2は固定電極7a、7bによる引力の影響を受けて大きな最大回転角度が得られなくなるため、ミラー電極部5が固定電極7a、7bを通過した直後は電圧が印加されなくなるような駆動パルスを用いて電圧印加を行っている。これにより、ミラー2は駆動パルスによって、これに同期した共振状態での揺動動作が行われることになる。

【0015】また、ミラーの揺動に同期して駆動パルスでの電圧を行うためには、ミラーの揺動位置を測定することが必要とされる。図5に、このミラーの揺動位置を測定するための構成を示している。ミラー電極部5と各固定電極7a、7bはコンデンサ構造を有しているのので、図5(a)に示すような等価回路のコンデンサC1、C2として表わされる。そして、これらコンデンサC1、C2を流れる電流差を差動増幅器OPで求めるように抵抗R1～R6を用いて回路を構成する。前記したように、ミラー2は左右対称に揺動するので、駆動電圧に加えて微小な電圧値を持つ高い周波数の交流電圧を重畳しておく、左右のコンデンサC1、C2を流れる電流量の差からミラーの位置を測定できる。

【0016】図5(b)はミラー2の回転に伴う前記左右の各コンデンサC1、C2における容量値の差を示したものである。AからHは第2図なしし図4で示したミラー位置(A)～(H)に対応している、固から明らかに、ミラー2の回転と容量値には一定の関係がある。したがって、容量の値を測定すればミラー2の位置が測定可能となり、その信号を他の信号と同期をとるための信号として利用できる。また、容量値の大きさは揺動角度の最大値に比例するため、この値を一定にするように制御することによりミラーの最大角度の大きさを制御することができる。また、ミラーが単一の共振状態で駆動されるときには、駆動周波数が明らかであればミラーの揺動速度と最大角度の間には比例関係が生じる。そこで、各固定電極を流れる電流量の微分値等から容量値の大きさの時間変化量を算出するとミラーの最大角度を測定することができ、この信号を利用して最大角度の制御を行うことも可能となる。

【0017】このように、この実施形態の光スキャナでは、固定電極7a、7bの内側縁部とミラー電極部5とは平面上で重ならない位置に設定しているため、ミラー2が揺動してもミラー電極部5が固定電極7a、7bに衝突あるいは干渉することがなく、ミラー2の最大回転角度を大きくすることができる。また、これにより、ミラー2と固定電極7a、7bとの間隔をミクロンオーダー以下の半導体微細下降の製造限界まで小さくすることが可能となる。このため、前記したように静電引力を駆動

力に利用してミラー2を揺動させる場合、その駆動力は同じ電圧の場合には間隔距離の2乗に比例するため、間隔寸法を小さくすればするほど小さな電圧で大きな駆動力を得ることができ、この実施形態の場合には、極めて低電圧で前記したミラーの揺動動作を実現することが可能となる。

【0018】図6(a)、(b)は本発明の以降に説明する各実施形態に共通して適用可能な構成を説明するための参照例の平面図と縦断面図である。この参照例では、ミラー電極部5と固定電極7a、7bとの対向面積を増加させるためにミラーの電極部5と固定電極7a、7bの対向縁部を楕形部9として形成し、それぞれの凹凸9aを互いに対向させた構成としている。このため、ミラー電極部5と固定電極7a、7bとは、楕形部9のそれぞれの凹凸9aの側辺においても対向され、コンデンサを構成するための対向面積が増加される。したがって、この参照例では、図1の構成に比較して3倍以上の大きな対向面積を有することが可能となり、ミラー電極部5と固定電極7a、7bとの対向間隔を図1と同じとし、かつ同じ電圧を印加した場合には、3倍以上の大きな静電引力を発生することが可能となる。なお、楕形部9の凹凸9aの間隔を狭くして、より多数の凹凸を形成することでさらに対向面積を増加させ、より大きな駆動力を得ることが可能となる。

【0019】図7(a)、(b)は本発明の他の参照例の平面図と縦断面図である。この参照例では、前記図6の参照例における楕形部9を構成する各凹凸9aの各側辺部に、さらにこれと直交する方向の凹凸10aを形成して十字形部10として構成したものである。この構成により、ミラー電極部5と固定電極7a、7bの対向縁部との対向面積をさらに増大することができ、図1の構成に比較して4倍以上の大きな対向面積を有することが可能となる。これにより、ミラー電極部5と固定電極7a、7bとの対向間隔を図1と同じとし、かつ同じ電圧を印加した場合には、4倍以上の大きな静電引力を発生することが可能となる。なお、寸法的に余裕があれば、1つの凹凸9aに対して複数の凹凸10aを形成することでさらに対向面積を増加させ、より大きな駆動力を得ることが可能となる。なお、凹凸の形状は任意に設計可能である。

【0020】図8(a)、(b)は以上説明した各参照例を基本構成とした本発明の第1の実施形態の平面図と縦断面図である。この実施形態では、ミラー2に対してミラー電極部5の厚みのみを増大し、これにより固定電極7a、7bとの対向面積の増加を図っている。ミラー2は高速で動作させる必要があるため軽量化することが好ましい。そこで、この実施形態ではミラー電極部5の高さのみを増加している。また、これと同時に対向配置される固定電極7a、7bの厚みを増加しており、これにより両者の対向面積を増加している。このように、ミ

ラー電極部5と固定電極7a、7bとの対向面積を厚み方向に増加しても、前記参照例と同様に大きな駆動力を得ることが可能となる。また、この実施形態では、ミラーが揺動されている間に、固定電極7a、7bとミラー電極部5が最接近している時間の割合が増大するため、より大きな引力を発生することも可能となる。

【0021】図9(a)、(b)は本発明の第2の実施形態の平面図と縦断面図である。この実施形態では、ミラー電極部5及び固定電極7a、7bの平面形状は前記参照例と同じであるが、固定電極7a、7bの高さ位置を相違させている。すなわち、トーションバー3a、3bを対称中心として固定電極7a、7bをミラー2の初期位置に対して一方は高い平面位置に、他方は低い平面位置にそれぞれ配置した構成としている。この構成では、固定電極7a、7bの両方に同時に電圧を印加すると、各固定電極7a、7bとミラー電極部5との間でそれぞれ同じ方向の静電引力が発生されるため、図1の参照例に比較して2倍の静電引力に基づき駆動力を得ることができる。また、ミラー2に対して対称に駆動力が生じるので、ミラーの変形を防ぐことができる効果もある。

【0022】図10(a)、(b)は本発明の第3の実施形態の平面図と縦断面図である。この実施形態は、第2の実施形態を拡張したもので、各固定電極7a、7bを絶縁体を介して二層に構成し、これら二層の固定電極7a、7a'と7b、7b'をミラー電極部5を高さ方向に挟む位置に配置した構成である。そして、トーションバー3a、3bに対して点対称位置にある各固定電極7aと7b'、7a'と7bに対して同時に電圧印加を行うことにより、前記第2の実施形態と同様な2倍の静電引力を発生させることができ、かつこの電圧印加をミラー2の揺動方向に合わせて対称的に切り替えることで、ミラーの時計方向及び反時計方向のいずれの方向の揺動に対してもそれぞれ大きな静電引力を得ることが可能となり、効率良く駆動力を発生することが可能となる。

【0023】図11(a)、(b)は本発明の第4の実施形態の平面図と縦断面図である。この実施形態の特徴は直交する2つの軸の周りに揺動可能なミラーを実現し、X方向及びY方向に光走査が可能な光スキャナを実現することにある。これを実現するために、Y軸周りの揺動自由度を有する中間支持部11を設けその中にX軸周りの揺動自由度を有するミラー2を配置している。すなわち、前記中間支持部11は支持基板1に支持された2本のトーションバー3a、3bによってY軸回りに揺動可能に支持されており、そのX方向の両側にはそれぞれ電極部12が設けられている。そして、この中間支持部11の両側には中間支持部11を揺動させるための固定電極7a、7bが微小間隔をおいて支持基板1に固定配置されている。なお、前記電極部12と固定電極7

a, 7bの対向縁部は楕形部として構成され、その対向面積が増大されている。また、前記各固定電極7a, 7bにはパッド8a, 8bが設けられている。

【0024】一方、前記中間支持部11には内部に開口13が設けられており、この開口13内に前記ミラー2が配置されている。このミラー2は前記中間支持部11に支持された2本のトーションバー14a, 14bによってX軸回りに揺動可能に支持されており、Y軸方向には電極部5が形成されている。前記ミラー2の両側、すなわち前記固定電極7a, 7bと平面上で直交する側の両側位置にはミラー2を駆動するための固定電極15a, 15bが前記中間支持部11に固定配置されている。この場合にも、前記電極部5と各固定電極15a, 15bは楕形部として構成され、その対向面積が増大されている。なお、前記電極部5と12は相互に電気接続されてパッド16a, 16bに接続されており、前記固定電極15a, 15bはこれらと電氣的に絶縁されてパッド17a, 17bに配線によって接続されている。

【0025】したがって、この実施形態では、固定電極7a, 7bに電圧印加することで、中間支持部11を支持基板1に対してY軸回りに揺動することができ、この中間支持部11と一体的にミラー2をY軸回りに揺動する。また、固定電極15a, 15bに電圧印加することで、ミラー2を中間支持部11に対してX軸回りに揺動することができる。結果として、固定電極7a, 7bと15a, 15bにそれぞれ制御された電圧を印加することで、ミラー2をY軸回り及びX軸回りに揺動することが可能となり、X方向及びY方向の光走査が可能な光スキャナが実現できる。なお、前記支持基板1に対する中間支持部11の揺動動作と、前記中間支持部11に対するミラー2の揺動動作は、前記各実施形態で説明した動作原理に基づくものであることは言うまでもない。

【0026】ここで、前記各実施形態では、ミラーに対する電圧印加を実現するために、トーションバーを導電体で構成し、あるいはトーションバーの表面に配線を配設した構成を示しているが、一般的なボイスコイル型スピーカ等で見られるように柔らかい変形容易な配線を利用してミラーとパッドとを電気接続する構成を採用することも可能である。

【0027】なお、本発明の光スキャナを例えばレーザープリンタに適用する場合には、固定電極とミラーの間隔寸法を1 $\mu$ mに設定した場合に、固定電極とミラー間に5Vの電圧を加えると、1kHzの走査速度で30度以上のミラー振幅を得ることができる。あるいはヘッドマウントディスプレイ用に15.74kHzで走査した場合にも、やはり5V程度の電圧を利用して2000 $\times$ 2000ピクセルを表示するために必要とされる $\pm 2^\circ$ のミラー走査角度が実現できる。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、固定電極

とミラーとが揺動方向には重ならないように形成されているので、固定電極とミラーの電極部との間隔を小さくしても、固定電極とミラーとの衝突が生じることがない。

また、同時に、ミラーの電極部は、少なくとも固定電極に対向する部分の厚みをミラーのその他の部分よりも厚く形成し、あるいは、固定電極の一方は、ミラーの電極部の初期位置よりも揺動方向に沿って高い平面位置に配置され、他方の固定電極は揺動方向に沿って低い平面位置に配置する構成とし、さらには、固定電極はそれぞれ前記ミラーの揺動方向に沿って積層配置された一対の固定電極で構成され、これら各対の固定電極はミラーの電極部の初期位置に対して上下に挟む高さ位置に配置することにより、印加電圧が低電圧の場合でも大きな静電力が得られ、偏向角度の大きな光走査が実現できる。また、これにより、駆動回路を含めた光スキャナ全体を小型化し、製造コストの低減にも有効となる。また、支持基板に中間支持部を揺動可能に支持し、かつこの中心支持部にミラーを揺動可能に支持しているため、XY方向の光走査が実現可能な光スキャナを得ることもできる。

【0029】また、本発明は、ミラーや中間支持部等の揺動部材の揺動動作に同期してパルス状の電圧を印加して揺動部材を揺動制御を行っているため、複雑な構造を用いることなく揺動部材を少ない電力で、かつ円滑に揺動させることができる。また、この際に揺動部材の共振状態を検出することにより、さらに好適な揺動制御が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本構成を示す参照例の平面図と縦断面図である。

【図2】揺動動作を説明するための工程断面図のその1である。

【図3】揺動動作を説明するための工程断面図のその2である。

【図4】印加電圧のタイミングを示すタイミング図である。

【図5】ミラーの揺動周期を測定するための回路とその測定値を示す図である。

【図6】本発明の別の参照例の平面図と縦断面図である。

【図7】本発明のさらに別の参照例の平面図と縦断面図である。

【図8】本発明の第1の実施形態の平面図と縦断面図である。

【図9】本発明の第2の実施形態の平面図と縦断面図である。

【図10】本発明の第3の実施形態の平面図と縦断面図である。

【図11】本発明の第4の実施形態の平面図と縦断面図である。



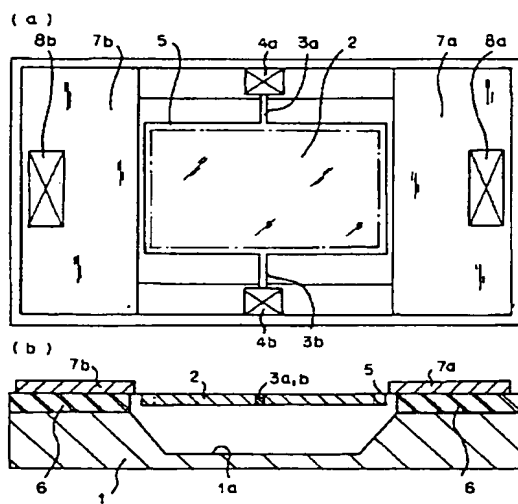
【図12】従来の光スキャナの一例の平面図と縦断面図である。

【符号の説明】

- 1 支持基板
- 2 ミラー
- 3 a, 3 b トーションバー
- 4 a, 4 b パッド
- 5 ミラー電極部
- 6 絶縁体
- 7 a, 7 b 固定電極

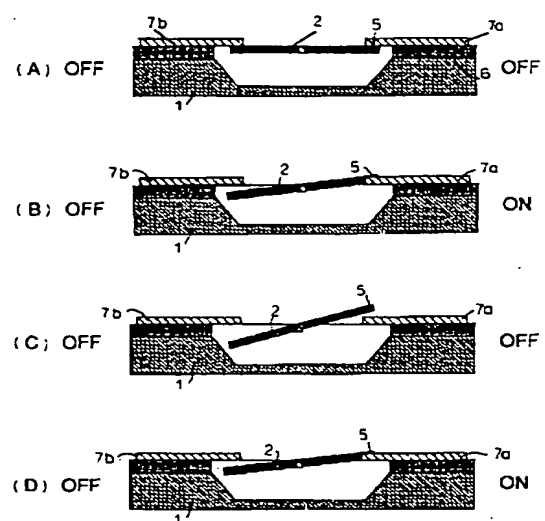
- 8 a, 8 b パッド
- 9 櫛形部
- 10 十字形部
- 11 中間支持部
- 05 12 中間支持部の電極部
- 13 開口
- 14 a, 14 b トーションバー
- 15 a, 15 b 固定電極
- 16 a, 16 b, 17 a, 17 b パッド

【図1】

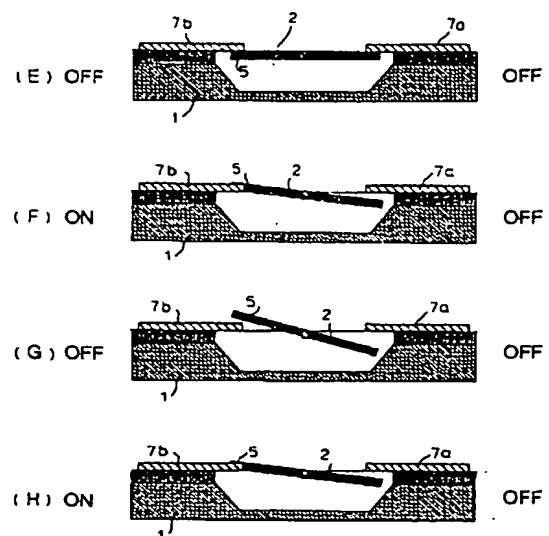


- 1: 支持基板
- 2: ミラー
- 3 a, 3 b: トーションバー
- 4 a, 4 b: パッド
- 5: ミラー電極部
- 6: 絶縁体
- 7 a, 7 b: 固定電極
- 8 a, 8 b: パッド

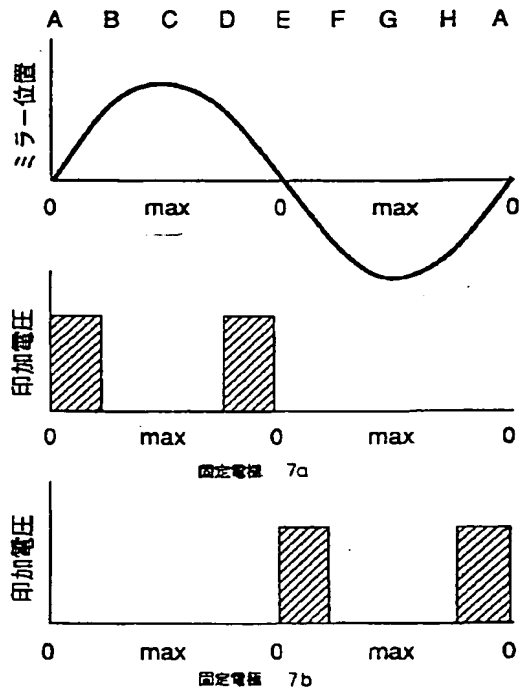
【図2】



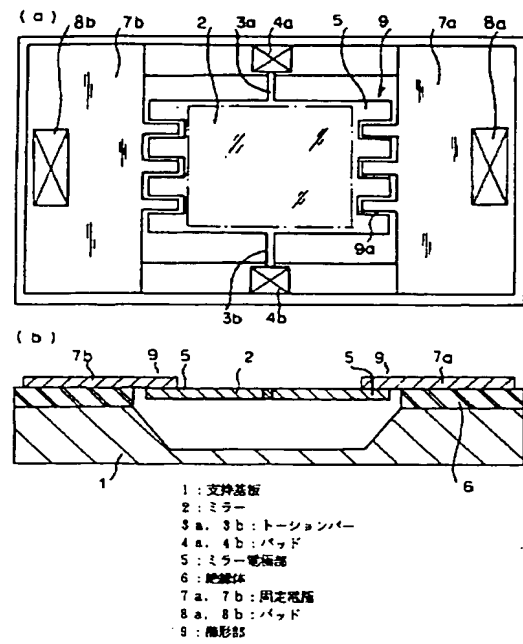
【図3】



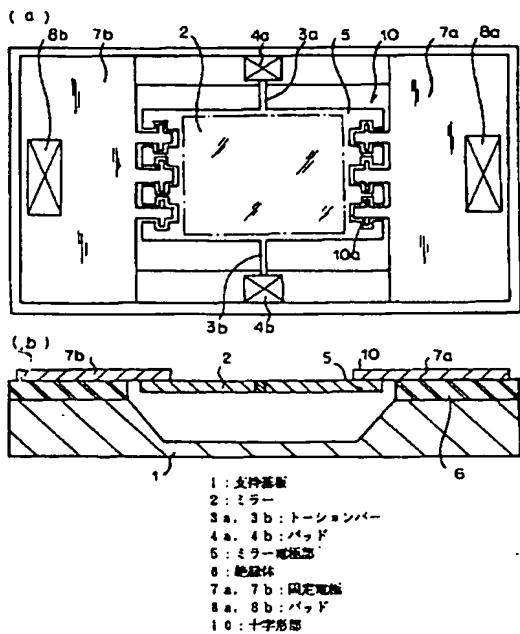
【図4】



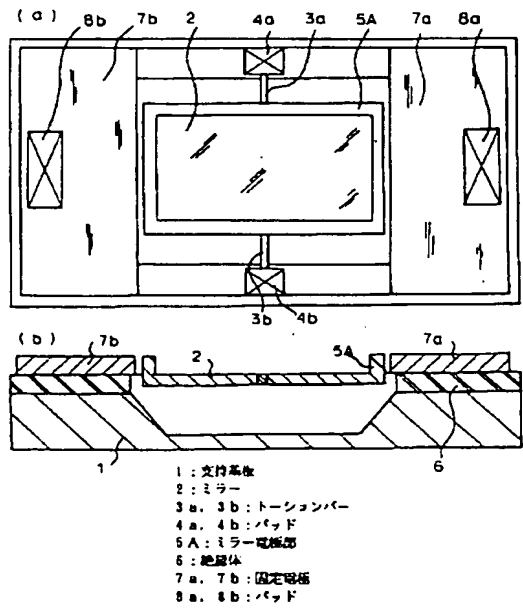
【図6】



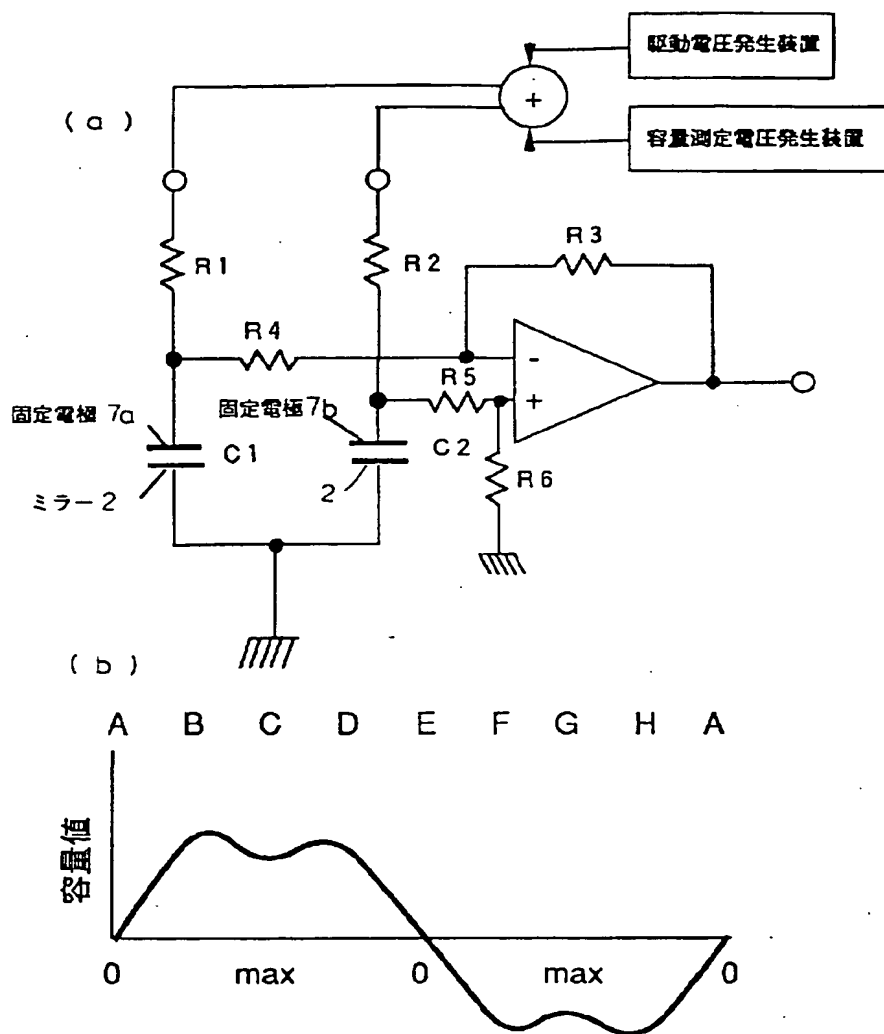
【図7】



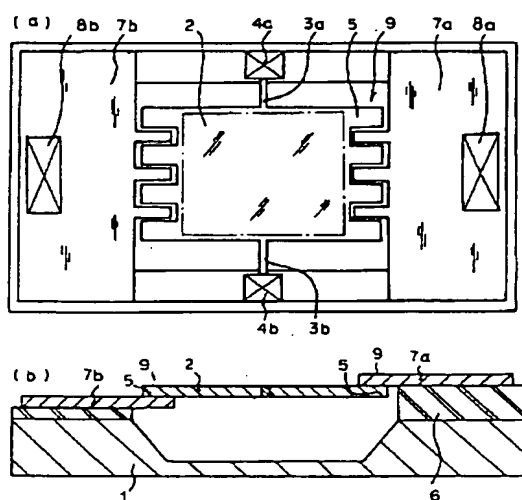
【図8】



【図5】

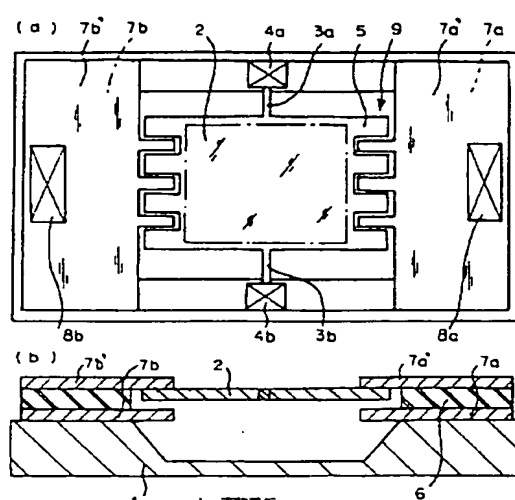


【図9】



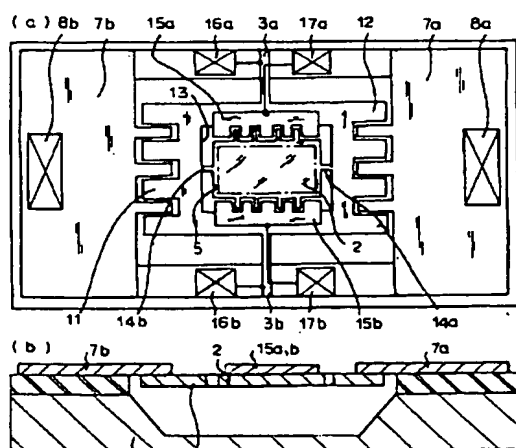
- 1: 支持基板
- 2: ミラー
- 3a, 3b: トーションバー
- 4a, 4b: パッド
- 5: ミラー電極部
- 6: 絶縁体
- 7a, 7b: 固定電極
- 8a, 8b: パッド
- 9: 導孔部

【図10】



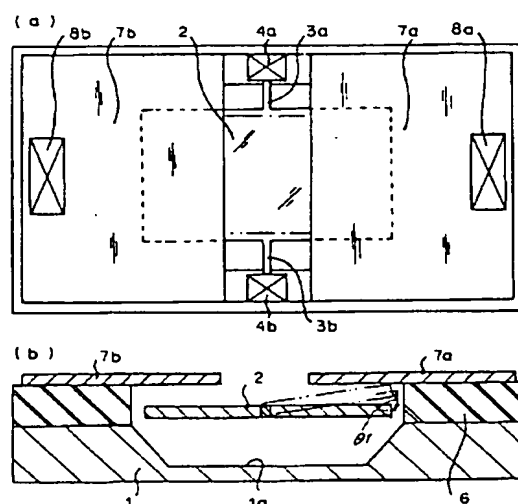
- 1: 支持基板
- 2: ミラー
- 3a, 3b: トーションバー
- 4a, 4b: パッド
- 5: ミラー電極部
- 6: 絶縁体
- 7a, 7b: 固定電極
- 7a', 7b': 固定電極
- 8a, 8b: パッド
- 9: 導孔部

【図11】



- 1: 支持基板
- 2: ミラー
- 3a, 3b: トーションバー
- 5: ミラー電極部
- 7a, 7b: 固定電極
- 11: 中間支持部
- 12: 電極部
- 15a, 15b: 固定電極

【図12】



- 1: 支持基板
- 2: ミラー
- 3a, 3b: トーションバー
- 4a, 4b: パッド
- 5: ミラー電極部
- 6: 絶縁体
- 7a, 7b: 固定電極
- 8a, 8b: パッド

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

G02B 26/10 104

H04N 1/113

05

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**